

# EVSEL SU TÜKETİMİ AKIŞ DİNAMİKLERİ ÜZERİNE İLK SONUÇLAR

**Bülent ÜNSAL**  
**Başak AKSELLİ**

## ÖZET

Ev tipi su sayaçlarının test ve kalibrasyonları sabit akış koşullarında yapılmaktadır, ancak gerçek kullanım koşullarında akış her zaman sabit değildir ve akış dinamikleri hakkında çok fazla şey bilinmemektedir. Bu bildiride ev tipi sayaçların, gerçek kullanım koşullarında maruz kaldığı akış koşullarını tespit için hanelerde yapılan anlık debi ölçümlerinin sonuçları verilmektedir. Elde edilen sonuçlardan 3200 su tüketim olayı çıkarıldı. Daha sonra her bir olay, yükselme süresi, düşme süresi, genlik, olay süresi ve tüketilen su hacmi gibi çeşitli bilgiler elde etmek için analiz edildi. Bu sonuçlar olay sayısına göre yükselme ve düşme dağılımlarının çoğunlukla 100 ila 300 ms civarında olduğunu göstermiştir. Ve ayrıca, toplam akış süresinin %5'inden fazlasında sayaç dinamik akış koşullarına maruz kalmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Evsel su sayacı, su tüketimi, akış dinamikleri.

## ABSTRACT

Household water meters are tested/calibrated at steady flow conditions however, during their actual usage, flow conditions are not always steady and not so much known about the flow dynamics. The present paper reports about instantaneous flow rate measurements conducted at households to find out what kind of flow rate profiles exist through household meters. From these measurements, 3200 single water consumption events were extracted. Then each single event was analyzed to obtain various information such as rise time, fall time, amplitude, event duration and consumed water volume. These results showed that the distributions of rise and fall times with respect to number of events are mostly around 100 to 300 ms. And more than 5% of the flow time, the meter is under dynamic flow conditions.

**Key Words:** Household water meters, water consumption, flow dynamics.

## 1. GİRİŞ

OIML R49 [1] ve ISO 4064 [2] 'e göre, ev tüketimi için kullanılan su sayaçları laboratuvar koşullarında sabit debilerde test veya kalibre edilir. Öte yandan, hanelerde yapılan ölçümler [3-5], su sayaçlarının çok değişken debilere maruz kaldığını göstermiştir. Ayrıca, dağıtım boru hatları içindeki içme suyunda bulunan parçacıklar ve suyun inorganik bileşimi de [6-8] mevcut yasal metroloji gereklilikleri (örneğin tip onayı testleri) tarafından dikkate alınmaz. MetroWaMet (Gerçek Dünya Evsel Su Sayacı Metrolojisi) adı verilen yeni başlatılan bir EMPIR (Avrupa Yenilik ve Araştırma Metroloji Programı) projesi [9], evsel su sayacı performansının hâlihazırda yapıldığı gibi laboratuvar koşullarında değil gerçeğe yakın bir şekilde karakterizasyonunu sağlayacak bir metrolojik altyapı oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, evsel su tüketiminin akış dinamiklerini analiz etmek için MetroWaMet projesi kapsamında yürütülmüştür.

Literatürde, hanelerde yapılan ölçüm sonuçlarına ilişkin birkaç rapor vardır ve bu tür çalışmaların kısa bir özeti [4, 5]'te bulunabilir. Bu çalışmalarda, araştırmacılar çoğunlukla kullanım amacına uygun tüketim modellerini belirlemekle ilgilenmektedirler. Buradaki genel amaç, akıllı sayaçlarla kullanılacak algoritmaları geliştirmek ve kullanıcılara ve su dağıtımçılarına ayrıntılı su tüketimi istatistikleri sağlamaktır. Bu çalışmaların bir kısmı hanelerde yüksek çözünürlüklü sayaçlarla yapılmasına rağmen, akış dinamiği analizleri yapılmamıştır.

Schumann ve diğ. [3], 300 hanede yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçların bir özetini rapor etmiştir. Bu çalışmada, ölçümlerin nasıl yapıldığı ve ölçümler için kullanılan debimetrelerin teknik tanımları hakkında hiçbir bilgi verilmemiştir (örneğin, zaman çözünürlüğü). Ayrıca akış dinamiğinin zaman ölçekleri de yapılmamıştır. Öte yandan, yazarlar bazı örnek debi değişimlerini ve debi olasılık dağılımlarını göstermiştir.

Bu bildiride, hanelerde su tüketimi sırasındaki akış dinamiklerini bulmak için hanelerde yapılan test ölçümleri anlatılmaktadır. Bu amaçla, 12 ms'ye kadar zaman çözünürlüğüne ulaşmak için elektronik bir düzenek ilave edilerek özel bir su sayacı geliştirilmiştir. Anlık değişiklikleri doğru bir şekilde ölçmek için bu zaman çözünürlüğü gereklidir.

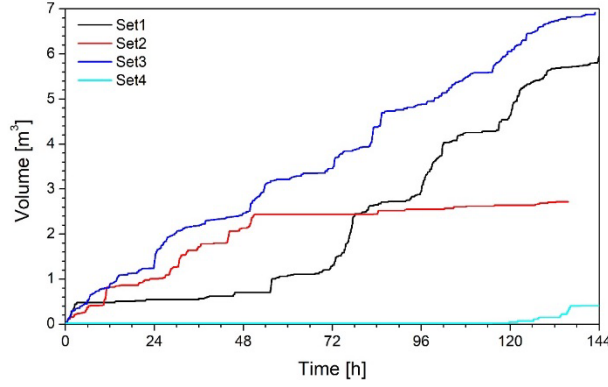
## 2. ÖLÇÜMLER

Standart bir sayaç bazı elektronik çeviriciler eklenerek, 60 puls/L gibi yüksek zaman çözünürlüğü elde edecek şekilde geliştirildi. Bu modifiye edilmiş sayaç ile 12 ms'ye kadar zaman çözünürlüğü 5040 L/h debide mümkün olmuştur. Darbeleri okumak ve Şekil 1'de gösterildiği gibi darbe verilerini depolamak için elektronikler geliştirildi. Bu bağımsız sistem, hanede var olan su sayacına seri olarak monte edilmiştir. Şekil 1'de gösterilen pil, tek seferde 6 güne kadar kesintisiz ölçüme izin vermektedir.



Şekil 1. Ölçümlerde kullanılan su sayacı ve elektronik kısmı.

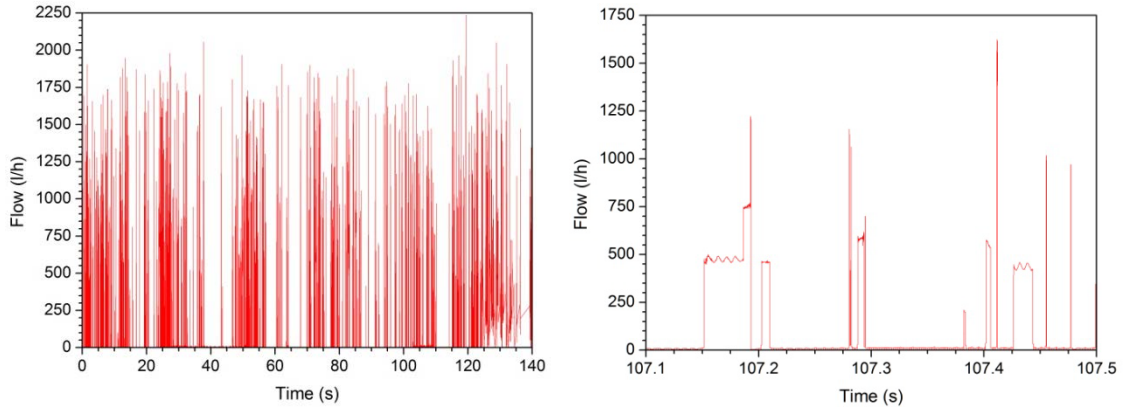
Şekil 2, dört farklı hanede yapılan dört ölçüm kümesinden elde edilen ham verileri göstermektedir. Resimden görülebileceği gibi, ölçümler sırasında, hanelerin ikisi (set2 ve set4) ölçüm zamanının bir kısmında ikamet etmemiştir.



Şekil 2. Ham veriler.

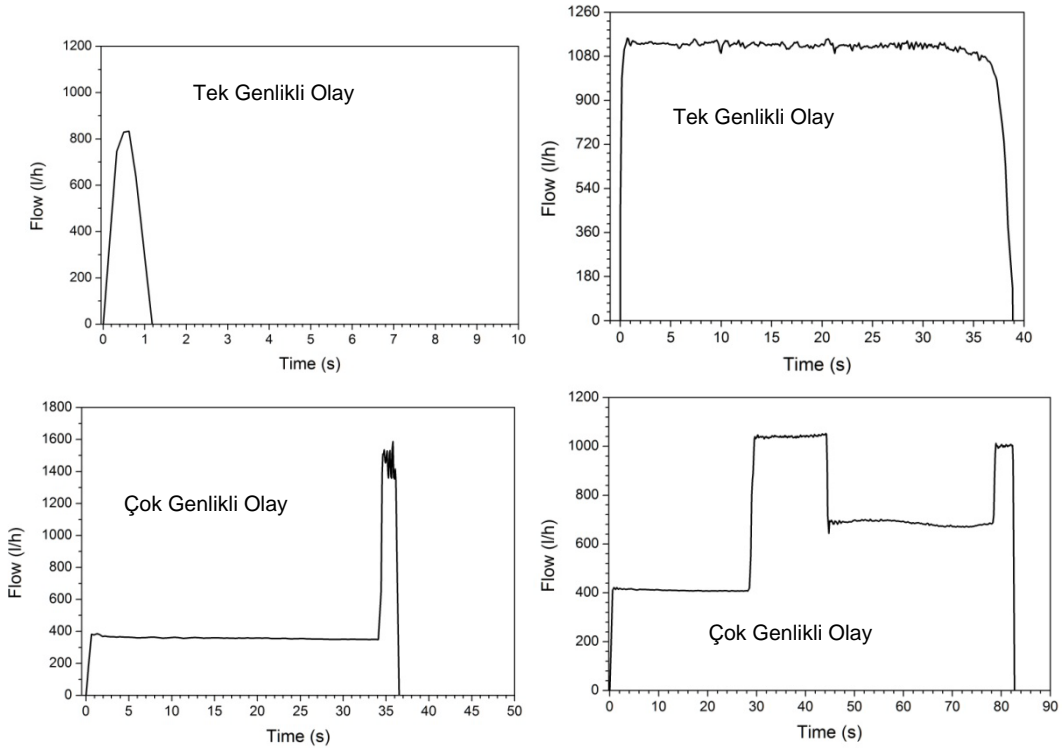
### 3. AKIŞ DİNAMİKLERİNİN ÇIKARILMASI

Şekil 2'de gösterilen ham veriler, anlık akış debisi bilgisini elde etmek için işlenmiş ve set1'e ait örnek Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekilde farklı zaman aralıklarında meydana gelen su tüketim olayları mevcuttur. Bu şekilde ayrıca su tüketim olaylarını yakından görmek için daha kısa zaman aralığındaki bir akış profili de görülmektedir.



Şekil 3. Anlık debi değişim örnekleri.

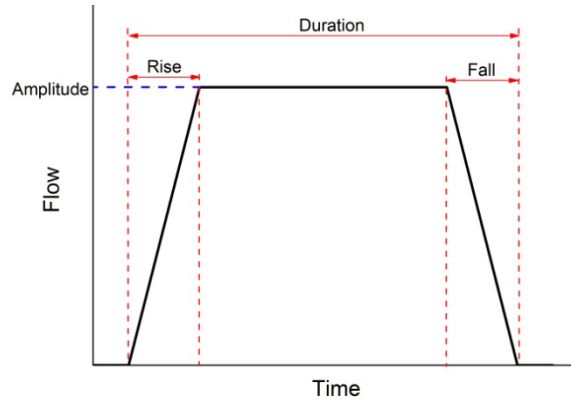
Şekil 4'te, anlık debi değişimlerinden elde edilen, bazı su tüketim olayı örnekleri gösterilmektedir. Bu olaylar bazı su tüketim aktivitelerine (örn. çamaşır makinesi, tuvalet, musluk kullanımları gibi) karşılık gelir ve literatürde bilinen bazı modellere dayanarak, ölçülen akış olaylarından tüketim faaliyetlerini tanımlamak için çeşitli yaklaşımlar vardır[4, 5]. Bu çalışmada, hane halkı su tüketiminin akış dinamiklerini karakterize etmek amaçlandığı için tüketim olaylarının aktivitelere göre analizleri yapılmamıştır.



**Şekil 4.** Akış olayı örnekleri.

Çıkarılan akış olayları, Şekil 4'te gösterildiği gibi tek genlikli ve çok genlikli olaylar olarak gruplandırılabilir. Tek genlikli olaylar için, aşağıda verilen parametreler Şekil 5'te gösterildiği gibi karakterizasyon için tanımlanabilir;

1. Etkinlik süresi
2. Yükselme zamanı (İng. rise time)
3. Düşme zamanı (İng. fall time)
4. Etkinlik hacmi (İng. event volume)
5. Yükseliş hacmi (İng. rise volume)
6. Düşme hacmi (İng. fall volume)
7. Genlik (İng. amplitude)



**Şekil 5.** Tek genlikli bir tüketim olayının karakteristik parametreleri.

3200 toplam tüketim olayı için bu parametrelerin her biri analiz edilmiş ve elde edilen sonuçların genel bir özeti Tablo 1'de verilmiştir.

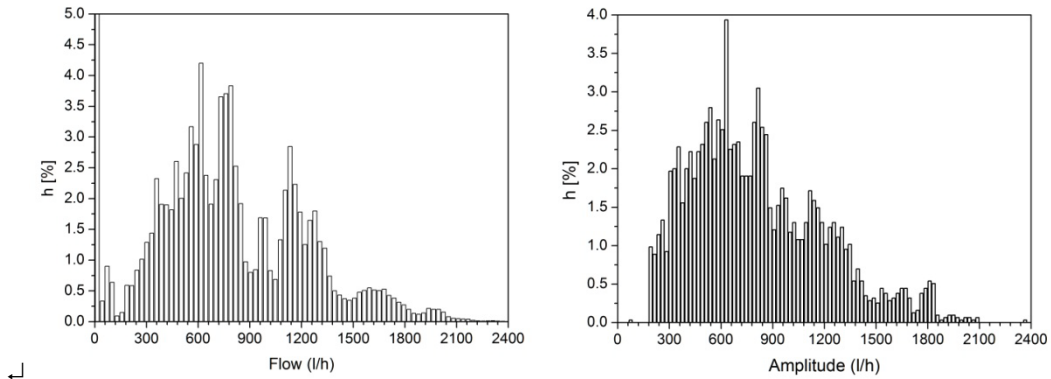
**Tablo 1.** Analizi sonuçları.

		Set1	Set2	Set3	Set4	Total
Events	#	893	565	1655	87	3200
Multi Amplitude Events	# - %	164 - 18.4	55 - 9.7	218 - 13.2	9 - 10.3	446 - 13.9
Volume (consumption)	m <sup>3</sup>	5.9	2.7	6.0	0.53	15.1
Duration	h	6.71	3.59	10.14	0.6	21.05
Total Rise Time	%	1.4	1.94	2.04	2.36	1.83
Total Fall Time	%	2.2	2.81	2.12	1.64	2.25
Total Rise Volume	%	1.24	2.18	2.28	2.8	1.87
Total Fall Volume	%	2.47	3.45	3.33	1.82	2.96
Volume / Event	l	6.63	4.71	3.62	6.06	4.72
Duration / Event	s	27.05	22.85	22.07	24.99	23.68
Rise Time / Event	s	0.379	0.443	0.450	0.590	0.433
Fall Time / Event	s	0.595	0.642	0.468	0.410	0.533

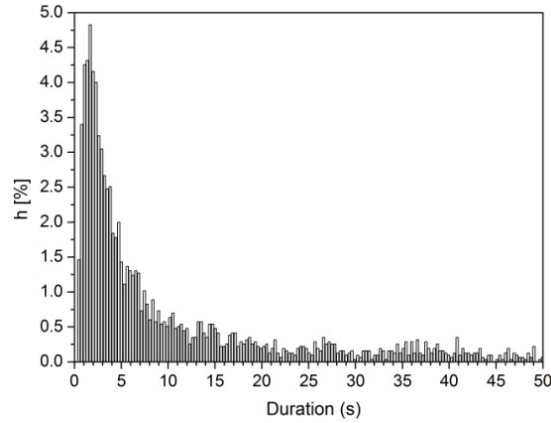
Tablo 1'de verildiği gibi; 3200 olayın 446'sı çok genlikli olaydır, yani olayların yaklaşık %86'sı tek genliklidir. Toplam akış süresi 21 saattir ve debinin yükseldiği veya düşmekte olduğu zaman, toplam sürenin yaklaşık % 4'üdür. Bu, toplam akış süresinin% 4'ünde akışın kararsız olduğu anlamına gelir. Çok genlikli olaylar göz önüne alındığında, kararsız zaman, toplam akış zamanının% 5'inden fazla olmaktadır.

Toplam ölçülen hacim yaklaşık 15 m<sup>3</sup> ve bu hacmin yaklaşık% 5'i civarında akış debisi yükseliyor veya düşüyor. Çok genlikli olaylar göz önüne alındığında, kararsız koşullar altında ölçülen hacim toplam hacmin% 6,5'inden fazla olmaktadır.

Tablo 1'de ayrıca olay başına bazı ortalama bilgiler verilmiştir. Bunlar; ortalama hacim 4,7 L/olay, süre 23 s/olay, yükselme süresi 433 ms/olay ve düşme süresi 533 ms/olay..

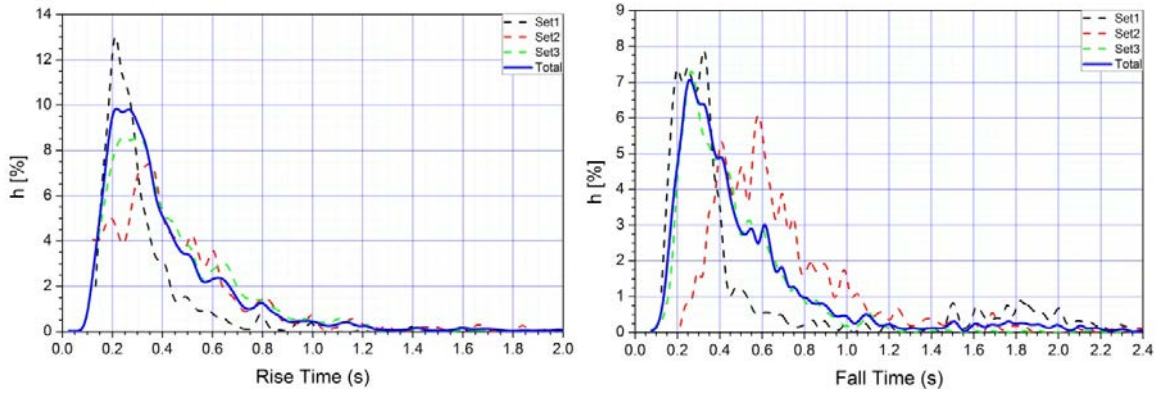
**Şekil 6.** Ölçülen debi ve çıkarılan genliklerin dağılımı.

Debilerin ve genliklerin dağılımı, Şekil 6'da verilmiştir. Buradan görüleceği üzere, akış debisinin hem ölçülen akış debisi hem de akış olayı genlikleri için çoğunlukla 200 ila 1800 L/h arasında değiştiği görülmektedir. Söz konusu hanelerde kullanılan su sayacının maksimum debisinin 3125 L/h ve nominal debisinin 2500 L/h olduğunu ancak gerçekte karşılaşılan debiden daha yüksek olduğunu ve bu sayaçların bu sabit debi değerlerinde test veya kalibre edildiğini not etmek önemlidir.



**Şekil 7.** Akış olay sürelerinin dağılımı.

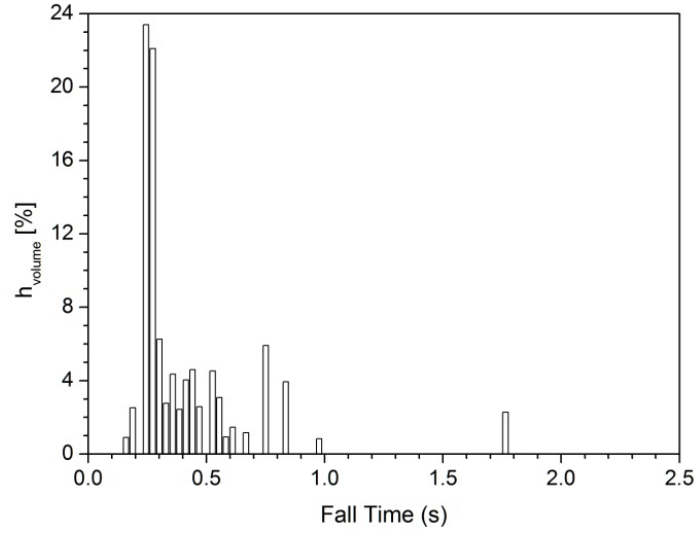
Şekil 7 olay sürelerinin dağılımını göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi, olayların önemli bir kısmı 10 saniyeden az sürüyor ve en yüksek dağılım değerleri birkaç saniyedir. Bu şekle göre; olayların %46'sı 0,5 ile 5 s sürmektedir ve bunların %62'si 0,5 ile 10 s arasında bir süreye sahiptir.



**Şekil 8.** Yükselme ve düşme zamanlarının dağılımı.

Her set ve ayrıca çıkarılan tüm olaylar için yükseliş ve düşme süresi dağılımları Şekil 8'de verilmiştir. Setler arasında özellikle düşme süresi dağılımı için bazı farklılıklar vardır. Ancak yine de set2 ölçümü sırasında evde her gün bulunmadığına dikkat edilmelidir. Diğer taraftan, toplam dağılım göz önüne alındığında yükselme ve düşme süresi dağılımları benzerdir. Her iki dağılım da çoğunlukla 0,1 ile 1,2 s arasındadır ve olayların çoğunluğu için 0,2 ile 0,3 s arasındadır.

Akış süresi ve toplam hacim dikkate alındığında hangi düşme ve yükselme süresi değerlerinin önemli olduğunu bilmek önemlidir. Bu bilgiyi elde etmek için, Şekil 9'da gösterildiği gibi çapraz dağılımlar yapılmıştır. Bu şekil, belirli bir yükselme zaman aralığı olan olaylar için toplam olay hacmini göstermektedir. Tablo 2 ve 3'te çapraz dağılımlara ait sonuçlar verilmiştir.



**Şekil 9.** Toplam olay hacmine karşı düşme zamanının çapraz dağılımı.

**Tablo 2.** Yükselme zaman aralıkları ve karşılık gelen dağılım yüzdeleri.

Rise time interval [s]	h[%]	h <sub>duration</sub> [%]	h <sub>volume</sub> [%]
0.05 – 0.2	10.1	8.15	≈ 0.01
0.2 – 0.4	57.5	43.12	54.94
0.4 – 0.6	15.2	23.09	17.22
0.6 – 0.8	9.6	13.45	8.71
0.8 – 1	3.4	3.54	0.68
1 – 3.5	4.25	8.64	18.45

**Tablo 3.** Düşüş zamanı aralıkları ve karşılık gelen dağılım yüzdeleri.

Fall time interval [s]	h[%]	h <sub>duration</sub> [%]	h <sub>volume</sub> [%]
0.05 – 0.2	7.62	4.2	3.42
0.2 – 0.4	42.6	34.56	61.3
0.4 – 0.6	23.02	24.89	19.72
0.6 – 0.8	12.73	16.67	8.54
0.8 – 1	4.95	5.21	4.75
1 – 3.5	9.08	14.46	2.27

Tablo 2, 3 ve Şekil 9'dan, toplam olay süresi ve hacmine göre 0,2 ile 0,6 s arasındaki düşme ve düşme sürelerine en çok rastlanıldığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

## SONUÇ

Bu çalışmada dört hanede anlık debi ölçümleri yapılmış ve her ölçüm yaklaşık bir hafta sürmüştür. İşlenen veriler, tek ve çok genlikli olarak, iki farklı su tüketim olayının var olduğunu göstermiştir. Toplam tespit edilen olay sayısı 3200 ve bunların % 14'ü çok genlikli olaylardır.

Her bir su tüketim olayı; yükselme süresi, düşme süresi, genlik, olay süresi ve tüketilen su hacmi parametreleri açısından analiz edildi ve sonuçlar verildi. Yapılan bu analizler neticesinde, elde edilen en önemli sonuçlardan biri debinin sabit (kararlı/statik akış) kaldığı sürenin sabit kalmadığı (kararsız/dinamik akış) süreye oranının önemli seviyelerde olduğu görülmüştür. Çünkü su sayaçları sadece kararlı akış koşullarında test ve kalibrasyon edilmektedir ve kararsız koşullardaki davranış ve performansları konusunda bir bilgi yoktur. Bu çalışmanın yapıldığı AB projesi MetroWaMet kapsamında hedeflenen önemli amaçlardan biri evsel su sayaçlarının gerçek kullanım koşulları altındaki performanslarının belirlenmesidir. Şekil 5'te gösterildiği üzere, bir su tüketim olayı için kararsız akış zamanı, akış debisinin sıfır akıştan bir genliğe ulaştığı yükselme zamanı ve daha sonra bir miktar akış zamanından sonra akış debisinin tekrar sıfıra düşme zamanı olarak tanımlanabilir. Tüm olaylar için, bu kararsız süre toplam akış süresinin% 5'i ve toplam ölçülen hacmin% 6,5'i kadardır.

Mevcut ölçüm sonuçlarından, toplam hacmin %70 ila 80'ine karşılık gelen olaylar, 0,2 ile 0,6 s aralığında yükselme ve düşme sürelerine sahiptir. Bu nedenle, kararsız akış koşulları için geliştirilecek test sistemlerinin, Şekil 6'da verilen genlik/debi aralığında en az 0,2 s yükselme ve düşme süresi üretebilmesi gerektiğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] OIML R 49, Water meters for cold potable water and hot water, 2013.
- [2] ISO 4064, Water meters for cold potable water and hot water, 2014.
- [3] SCHUMANN, D., WENDT, G., TRÄNCKNER, J., "Development of a calibration process for water meters close to real world conditions", FLOMEKO 2016, Sydney, Australia, September 26-29, 2016.
- [4] ELLERT, B., POPOWICH, F., MAKONIN, S., "Appliance Water Disaggregation via Non-Intrusive Load Monitoring (NILM)", EAI International Conference on Big Data and Analytics for Smart Cities (BigDASC) 2015.
- [5] NGUYEN, K.A., ZHANG, H., STEWART, R.A., "Development of an intelligent model to categorize residential water end use events", Journal of Hydro-environment Research, ISSN1570-6443, 2013.
- [6] VREEBURG, JHG., SCHIPPERS, D., VERBERK, JQJC., Van Dijk, C., "Impact of particles on sediment accumulation in a drinking water distribution system", Water Res., 42(16), 4233-4242, 2008.
- [7] BANKS, D., BIRKE, M., FLEM, B., REIMANN, C., "Inorganic chemical quality of European tap-water: 1. Distribution of parameters and regulatory compliance", Appl. Geochem., 59, 200-210, 2015.
- [8] FLEM, B., REIMANN, C., BIRKE, M., BANKS, D., FILZMOSER, P., FRENGSTAD, B., "Inorganic chemical quality of European tap-water: 2. Geographical distribution", Appl. Geochem., 59, 211-224, 2015.
- [9] <https://www.ptb.de/empir2018/metrowamet/the-project/>

## ÖZGEÇMİŞ

### Bülent ÜNSAL

1975 yılı Ankara doğumludur. Makine mühendisliği lisans eğitimini 1999 yılında Çukurova üniversitesinde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimini Kimya Mühendisliği alanında Almanya'da bulunan Erlangen-Nürnberg Üniversitesinde 1999-2002 yılları arasında yapmıştır. Hemen sonrasında aynı üniversitenin Akışkanlar Mekaniği Enstitüsünde, zamana bağlı akışlar konusunda, doktora çalışmalarına başlamıştır. 2008 yılında tamamladığı doktora çalışmalarına paralel olarak aynı zamanda tam zamanlı araştırmacı olarak çalışmış ve çeşitli endüstriyel ArGe projelerinde görev almıştır. 2007-2009 yılları arasında Almanya'da bulunan FMP-Technology GmbH şirketinde çalışmış. 2009 yılında Türkiye'ye geri dönerek önce TÜBİTAK SAGE ve bir yıl sonra TÜBİTAK UME de çalışmaya başlamıştır. Halen teknik müdür yardımcısı olarak TÜBİTAK UME'de çalışmaktadır.



**Başak AKSELLİ**

1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. Yüksek lisansını, İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Mühendisliği'nde 1997 yılında tamamlamıştır. 1995-1997 yıllarında Çardak Gıda Sanayi'nde aynı yıl Fako İlaç Hammaddeleri Fabrikası'nda çalışmış ve daha sonra TÜBİTAK UME'de Kimyasal Metroloji Bölümü'nde araştırmacı olarak işe başlamıştır. 1998 başında TÜBİTAK UME'de Akışkanlar Laboratuvarı'nın kurulumu sırasında gaz ve su debisi ölçüm sistemlerinin kurulması, geliştirilmesi ve izlenebilirliklerinin sağlanması için görev almıştır. 2016 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Makine Mühendisliği alanında doktorasını tamamlamıştır. Halen Akışkanlar Laboratuvarı Sorumlusu olarak TÜBİTAK UME'de çalışmaktadır.